



Docket No. 1232-5091

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): Shinichi HARA

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/631,927

Examiner: TBA

Filed: July 31, 2003

For: COOLING APPARATUS AND METHOD, EXPOSURE APPARATUS HAVING  
THE COOLING APPARATUS

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):


Application(s) filed in: Japan  
In the name of: Canon Kabushiki Kaisha  
Serial No(s): 2002-222911  
Filing Date(s): July 31, 2002

- ☒ Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) a duly certified copy of said foreign application.
- ☐ A duly certified copy of said foreign application is in the file of application Serial No. \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_.

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: September 3, 2003

By:

  
\_\_\_\_\_  
Joseph A. Calvaruso  
Registration No. 28,287

Correspondence Address:

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
345 Park Avenue  
New York, NY 10154-0053  
(212) 758-4800 Telephone  
(212) 751-6849 Facsimile

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年   7 月 3 1 日  
Date of Application:

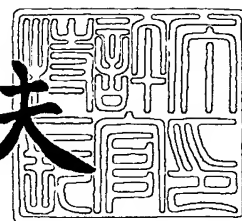
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 2 2 9 1 1  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 2 2 2 9 1 1 ]

出   願   人            キヤノン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年   8 月 1 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 4774064

【提出日】 平成14年 7月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027  
G03F 7/20

【発明の名称】 冷却装置及び方法、当該冷却装置を有する露光装置

【請求項の数】 12

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 原 真一

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100110412

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 藤元 亮輔

    【電話番号】 03-3523-1227

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 062488

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 0010562

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 冷却装置及び方法、当該冷却装置を有する露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却装置であって、

前記光学部材の温度を検出する検出部と、

前記光学部材と対向する位置に非接触で配置され、前記光学部材に対して輻射により当該光学部材から熱を吸収する輻射冷却機構と、

前記検出部の検出する前記光学部材の温度が所定の値となるように、前記輻射冷却機構を制御する制御部とを有することを特徴とする冷却装置。

【請求項 2】 前記輻射冷却機構は、

冷媒が流れるための流路を有し、前記光学部材に対して温度差を形成する輻射板と、

前記制御部に制御され、前記冷媒を前記流路に循環させる循環部とを有することを特徴とする請求項 1 記載の冷却装置。

【請求項 3】 前記冷媒の温度は、可変であることを特徴とする請求項 2 記載の冷却装置。

【請求項 4】 前記輻射冷却機構は、

前記光学部材に対して温度差を形成する輻射板と、

前記制御部に制御され、前記輻射板に接合してペルチェ効果により前記輻射板を冷却するペルチェ素子と、

冷媒が流れるための流路を有し、前記ペルチェ素子の排熱を回収する放熱ブロックと、

前記冷媒を前記流路に循環させる循環部とを有することを特徴とする請求項 1 記載の冷却装置。

【請求項 5】 前記冷媒の温度は、一定であることを特徴とする請求項 4 記載の冷却装置。

【請求項 6】 前記輻射冷却機構が、前記光学部材以外から輻射により熱を吸収することを防止する輻射遮蔽部材を有することを特徴とする請求項 1 記載の

冷却装置。

【請求項 7】 前記輻射遮蔽部材は、冷媒が流れるための流路を有することを特徴とする請求項 6 記載の冷却装置。

【請求項 8】 前記光学部材は、ミラーであることを特徴とする請求項 1 記載の冷却装置。

【請求項 9】 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法であって、

前記光学部材の温度を検出するステップと、

前記検出ステップで検出した前記光学部材の温度が所定の値となるように、前記光学部材と対向する位置に非接触で配置されると共に前記光学部材の熱を吸収する輻射板を冷却するステップとを有することを特徴とする冷却方法。

【請求項 10】 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法であって、

前記光学部材の温度を検出するステップと、

前記検出ステップで検出した前記光学部材の温度が所定の値となるように、前記光学部材と対向する位置に非接触で配置されると共に前記光学部材の熱を吸収する輻射板との間に温度差を形成するステップとを有することを特徴とする冷却方法。

【請求項 11】 請求項 1 乃至 8 のうちいずれか一項記載の冷却装置と、

前記冷却装置により冷却された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系とを有する露光装置。

【請求項 12】 請求項 11 記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、

投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には、冷却装置に係り、特に、半導体ウェハ用の単結晶基板、

液晶ディスプレイ（LCD）用のガラス基板などの被処理体を露光する露光装置に用いられる光学素子を冷却する冷却装置に関わる。本発明は、特に、露光光減として紫外線や極端紫外線（EUV: extreme ultraviolet）光を利用する露光装置に用いられる光学素子を冷却する冷却装置に好適である。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

フォトリソグラフィー（焼き付け）技術を用いて半導体メモリや論理回路などの微細な半導体素子を製造する際に、レチクル又はマスク（本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する。）に描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路パターンを転写する縮小投影露光装置が従来から使用されている。

#### 【0003】

縮小投影露光装置で転写できる最小の寸法（解像度）は、露光に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数（NA）に反比例する。従って、波長を短くすればするほど、解像度はよくなる。このため、近年の半導体素子の微細化への要求に伴い露光光の短波長化が進められ、超高圧水銀ランプ（i線（波長約365 nm））、KrFエキシマレーザー（波長約248 nm）、ArFエキシマレーザー（波長約193 nm）と用いられる紫外線光の波長は短くなってきた。

#### 【0004】

しかし、半導体素子は急速に微細化しており、紫外線光を用いたリソグラフィーでは限界がある。そこで、0.1  $\mu$ m以下の非常に微細な回路パターンを効率よく転写するために、紫外線光よりも更に波長が短い、波長10 nm乃至15 nm程度の極端紫外線（EUV）光を用いた縮小投影露光装置（以下、「EUV露光装置」と称する。）が開発されている。

#### 【0005】

露光光の短波長化が進むと物質による光の吸収が非常に大きくなるので、可視光や紫外光で用いられるような光の屈折を利用した屈折素子、即ち、レンズを用いることは難しく、更に、EUV光の波長領域では使用できる硝材が存在しなく

なり、光の反射を利用した反射素子、即ち、ミラー（例えば、多層膜ミラー）のみで光学系を構成する反射型光学系が用いられる。

#### 【0006】

ミラーは、露光光を全て反射するわけではなく、30%以上の露光光を吸収する。吸収した露光光は、分熱となりミラーの表面形状を変形させて光学性能（特に、結像性能）の劣化を引き起こしてしまう。そこで、ミラーは、温度変化によるミラー形状の変化を小さくするために線膨張係数の小さな、例えば、線膨張係数が10ppbといった低熱膨張ガラスで構成される。

#### 【0007】

EUV露光装置は、0.1 $\mu$ m以下の回路パターンの露光に使用されるため、線幅精度が非常に厳しく、ミラーの表面形状は0.1nm程度以下の変形しか許されない。従って、ミラーの線膨張係数を10ppbとしても、温度が除々に上昇し、ミラー表面の形状が変化してしまう。例えば、ミラーの厚さが50mmであるとする、0.2℃の温度上昇により、ミラー表面の形状が0.1nm変化することになる。

#### 【0008】

そこで、図9に示すように、ミラー5000に継手5100を接合し、水路配管5200と継手5100をつないでミラー5000に形成された流路5300に水などの冷却媒体を流してミラー5000を冷却する方法が一般的に行われている。ここで、図9は、従来のミラー5000の冷却方法を示す図であって、図9(a)は、ミラー5000の概略透視平面図、図9(b)は、ミラー5000の概略断面図である。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、ミラー5000を構成する低熱膨張ガラスは非常に柔らかく、ミラー5000に継手5100を接合する際にミラー5000に力が加わり、表面形状が0.1nm以上変化してしまう。また、ミラー5000を冷却する際に、冷却媒体に圧力を加えながら流路5300に流さなければならないが、かかる圧力によってミラー5000の表面形状が変化してしまう。



## 【0010】

一方、ミラーに気体を吹き付けるなどの対流熱伝達を用いて、ミラーに力を与えずに非接触で冷却する方法が考えられる。しかし、EUV露光装置においては、露光光路中に含まれる残留ガス（高分子有機ガスなど）成分とEUV光との反応によりミラー表面にコンタミが付着し、反射率が低下することを防ぐために、露光光路雰囲気中は、 $1 \times 10^{-6}$  [Pa] 程度の高真空中に維持されているため、気体を用いることができない。

## 【0011】

そこで、本発明は、結像性能の劣化となる光学部材の熱膨張による変形を低減することで所望の光学性能をもたらす冷却装置及び方法、当該冷却装置を有する露光装置を提供することを例示的目的とする。

## 【0012】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての冷却装置は、真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却装置であって、前記光学部材の温度を検出する検出部と、前記光学部材と対向する位置に非接触で配置され、前記光学部材に対して輻射により当該光学部材から熱を吸収する輻射冷却機構と、前記検出部の検出する前記光学部材の温度が所定の値となるように、前記輻射冷却機構を制御する制御部とを有することを特徴とする。かかる冷却装置によれば、制御部に制御された輻射冷却機構が真空雰囲気下に置かれた光学部材から輻射によって熱を吸収することにより、光学部材を冷却して光学部材の温度を所望の値にすることができる。前記輻射冷却機構は、冷媒が流れるための流路を有し、前記光学部材に対して温度差を形成する輻射板と、前記制御部に制御され、前記冷媒を前記流路に循環させる循環部とを有することを特徴とする。前記冷媒の温度は、可変であることを特徴とする。前記輻射冷却機構は、前記光学部材に対して温度差を形成する輻射板と、前記制御部に制御され、前記輻射板に接合してペルチェ効果により前記輻射板を冷却するペルチェ素子と、冷媒が流れるための流路を有し、前記ペルチェ素子の排熱を回収する放熱ブロックと、前記冷媒を前記流路に循環させる循環部とを有することを特徴とする。これにより、より高精度に光学部材

の温度を所望の値にすることができる。前記冷媒の温度は、一定であることを特徴とする。前記輻射冷却機構が、前記光学部材以外から輻射により熱を吸収することを防止する輻射遮蔽部材を有することを特徴とする。これにより、輻射冷却機構が光学部材以外を冷却することを防止することができる。前記輻射遮蔽部材は、冷媒が流れるための流路を有することを特徴とする。

#### 【0013】

本発明の別の側面としての冷却方法は、真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法であって、前記光学部材の温度を検出するステップと、前記検出ステップで検出した前記光学部材の温度が所定の値となるように、前記光学部材と対向する位置に非接触で配置されると共に前記光学部材の熱を吸収する輻射板を冷却するステップとを有することを特徴とする。かかる冷却方法によれば、上述した冷却装置の作用と同様の作用を奏する。

#### 【0014】

本発明の更に別の側面としての露光方法は、真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法であって、前記光学部材の温度を検出するステップと、前記検出ステップで検出した前記光学部材の温度が所定の値となるように、前記光学部材と対向する位置に非接触で配置されると共に前記光学部材の熱を吸収する輻射板との間に温度差を形成するステップとを有することを特徴とする。かかる冷却方法によれば、上述した冷却装置の作用と同様の作用を奏する。

#### 【0015】

本発明の更に別の側面としての露光装置は、上述の冷却装置と、前記冷却装置により冷却された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系とを有する。かかる露光装置によれば、上述した冷却装置を構成要素の一部に有し、結像性能の劣化となる光学部材の熱膨張による変形を低減させ、所望の光学性能を発揮することができる。

#### 【0016】

本発明の別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有する。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイ

ス製造方法の請求項は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、LSIやVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサー、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

#### 【0017】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の例示的一態様である冷却装置及び冷却方法について説明する。なお、各図において、同一の部材については、同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。ここで、図1は、本発明の一側面としての冷却装置1を示す概略構成図である。

#### 【0019】

冷却装置1は、真空チャンバVC内に置かれた光学部材Mを冷却する冷却装置である。真空チャンバVC内は、残留ガス（高分子有機ガスなど）成分と露光光Lとの反応により光学部材Mの表面にコンタミが付着し、反射率が低下することを低減させるために、図示しない真空ポンプによって $1 \times 10^{-6}$  [Pa]程度の真空に維持されている。光学部材Mは、真空チャンバVC内において、光学部材支持定盤MPに支持された光学部材支持部材MBを介して所定の場所に位置決めされ、反射、屈折及び回折等を利用して光を結像させる。光学部材Mは、例えば、ミラー、レンズ、平行平板ガラス、プリズム及びフレネルゾーンプレート、キノフォーム、バイナリオプティックス、ホログラム等の回折光学素子を含む。本実施形態においては、光学部材Mとしてミラーを例に説明する。冷却装置1は、図1によく示されるように、検出部100と、輻射冷却機構200と、制御部300とを有する。

#### 【0020】

検出部100は、光学部材Mの露光光Lが照射される照射領域以外に取り付けられ、光学部材Mの温度を検出する。光学部材Mの温度は、露光光Lが照射されることによって、照射領域は高温、照射領域以外は低温となる（即ち、温度分布

を生じる) ため、検出部 100 は、光学部材 M 全体の平均の温度を検出するように構成する。また、検出部 100 は、検出した光学部材 M の温度を後述する制御部 300 に送信する。検出部 100 は、例えば、熱電対、抵抗温度センサー、赤外線温度センサーなどの温度センサーから構成される。なお、本実施形態では、検出部 100 を光学部材 M に取り付けている (接触させている) が、光学部材 M と非接触に検出部 100 を構成し、光学部材 M の温度を検出してもよい。

#### 【0021】

輻射冷却機構 200 は、光学部材 M と対向する位置 (露光光 L が入射する入射側に対して反対側) に非接触で配置され、光学部材 M に対して輻射により光学部材 M から熱を吸収する。輻射冷却機構 200 は、輻射板 210 と、循環部 220 とを有する。

#### 【0022】

輻射板 210 は、輻射板支持定盤 212 に支持された輻射板支持部材 214 によって、光学部材 M に対して間隔 C を有して固定される。輻射板 210 と光学部材 M との間隔 C は、光学部材 M から熱を吸収する効率を上げるために短くすることが好ましい。輻射板支持定盤 212 及び輻射板支持部材 214 は、一般的に、軽く、堅く、線膨張係数の小さいセラミクスなどから構成される。なお、光学部材支持定盤 MP と輻射板支持定盤 212 を別体構造とすることで、後述するように、輻射板 210 に形成された流路 216 に冷媒が流れることによる輻射板 210 (及び輻射板支持定盤 212) の振動が光学部材 M に伝わることを防止することができる。従って、振動によって光学部材 M の表面形状が変形することなく、所望の光学性能を発揮することができる。

#### 【0023】

輻射板 210 は、後述する循環部 220 が供給する冷媒が流れるための流路 216 を有する。流路 216 は、パイプ 222 を介して循環部 220 と接続される。流路 216 は、輻射板 210 中の全面に亘って形成され、輻射板 210 全面に一様に冷媒が流れるように構成される。輻射板 210 は、冷媒により冷却されて光学部材 M に対して低温となり温度差を形成する。即ち、輻射板 210 は、光学部材 M との温度差により、光学部材 M の熱を吸収する。輻射板 210 は、比較的

熱伝導率がよく輻射率の高い材料、例えば、セラミックスの窒化アルミニウム（AlN）からなる。

#### 【0024】

循環部220は、パイプ222と接続し、パイプ222を介して冷媒を流路216に供給及び循環させる。循環部220は、後述する制御部300に制御され、冷媒の温度を変化させる。冷媒は、輻射板210に形成された流路216を流れることで輻射板210を冷却し、かかる冷媒の温度によって冷却される輻射板210の温度が決まる。なお、本実施形態では、循環部220は、冷媒として水（液体）を供給及び循環させているが、気体等（キヤノンではフロンは使用禁止）を用いてもよい。

#### 【0025】

制御部300は、検出部100の検出する光学部材Mの温度が所定の値となるように、輻射冷却機構200を制御する。制御部300は、より詳細には、循環部220が輻射板210（の流路216）に供給及び循環させる冷媒の温度を変化させることで輻射板210の温度を制御する。かかる制御によって、輻射板210が光学部材Mから吸収する熱量を調節し、光学部材Mの温度を所定の値にする。換言すれば、制御部300は、光学部材Mの温度を一定に保つ機能を有する。

#### 【0026】

例えば、輻射によって、絶対温度 $T_2$  [K]、面積 $A_2$  [m<sup>2</sup>] の物質Yが絶対温度 $T_1$  [K]、面積 $A_1$  [m<sup>2</sup>] の物質Xから吸収する熱量は、物質Xの輻射率を $E_1$ 、物質Yの輻射率を $E_2$ 、輻射形態係数（即ち、物質Xから出たエネルギーが物質Yへ到達する割合）を $F_{12}$ とした場合に、熱流速密度 $Q$  [W/m<sup>2</sup>] を用いて以下の数式で表される。但し、 $T_1 > T_2$  とする。

#### 【0027】

##### 【数1】

$$Q = 5.67 \times 10^{-8} \times (T_1^4 - T_2^4) / ((1 - E_1) / (E_1 \times A_1) + (1 / (A_2 \times F_{12})) + (1 - E_2) / (E_2 \times A_2))$$

5.67 × 10<sup>-8</sup> : ステファン・ボルツマン定数

**【 0 0 2 8 】**

つまり、光学部材Mが1. 5 [W] の露光光Lを吸収した場合、光学部材Mの温度を所定の値、例えば、23℃に保ち、且つ、輻射板210が1. 5 [W] の熱を吸収するためには、制御部300は、輻射板210の温度を10℃前後に制御する必要がある。従って、制御部300は、輻射板210の温度を10℃前後とするために循環部220が供給及び循環させる冷媒の温度を10℃前後に制御する。

**【 0 0 2 9 】**

なお、上述したように、光学部材Mの厚さが50mmであるとする、0. 2℃の温度上昇により、光学部材Mの表面の形状が0. 1nm変化するため、制御部300は、光学部材Mの温度を所定の値から1℃以下、好ましくは、0. 2℃以下の範囲で制御することが好ましい。

**【 0 0 3 0 】**

ここで、図2を参照して、冷却装置1を用いた光学部材Mの冷却方法について説明する。図2は、真空雰囲気下に置かれた光学部材Mを冷却する冷却方法1000を説明するためのフローチャートである。

**【 0 0 3 1 】**

まず、検出部100は、露光光Lが照射されていない状態（初期状態）の光学部材Mの温度を検出し、検出した初期状態の温度を制御部300に送信する。制御部300は、受信した光学部材Mの初期状態の温度を所定の値として記憶する（ステップ1002）。但し、初期状態では、光学部材Mは表面形状に変化がないものとする。次に、光学部材Mに露光光Lが照射されると、検出部100が光学部材Mの温度を検出する（ステップ1004）。検出部100が検出した光学部材Mの温度は制御部300に送信され、制御部300は、検出部100が検出した光学部材Mの温度と所定の値が等しいかどうか判断する（ステップ1006）。検出した光学部材Mの温度と所定の値が等しい場合、光学部材Mに露光光Lが照射されている間（即ち、露光中）は、ステップ1004以下を繰り返す。検出した光学部材Mの温度と所定の値が異なる場合、制御部300は、光学部材Mの温度が所定の値となるために必要な輻射板210の温度を求める（ステップ1

008)。この際、輻射板210が吸収しなければならない熱量を算出し、かかる熱量から輻射板210の温度を決定する。制御部300は、求めた輻射板210の温度に基づいて、輻射により光学部材Mの温度が所定の値となるように、循環部220が供給及び循環させる冷媒の温度を調節し、輻射板210を冷却する（ステップ1010）。即ち、ステップ1010は、光学部材Mと輻射板210との間に温度差を形成する。従って、輻射により光学部材Mの熱を輻射板210が吸収し、光学部材Mの温度を所定の値にすることができる。以下、光学部材Mに露光光Lが照射されている間（即ち、露光中）は、ステップ1004以下を繰り返す。

#### 【0032】

従って、冷却装置1及び冷却方法1000によれば、真空雰囲気下に置かれた光学部材であっても、光学部材に接触することなく光学部材を冷却することが可能であり、結像性能の劣化となる光学部材の熱膨張による変形を低減させて所望の光学性能を実現することができる。

#### 【0033】

ここで、図2のフローチャートのステップ1002において、必ずしも「光学部材Mの初期状態の温度」を「所定の値」とする必要は無く、光学部材Mが設計値通りの形状になるような温度を「所定の値」とすればよい。例えば、光学部材Mが23℃であれば、設計値通りの形状となることが分かっているならば、「所定の値」は23℃とすればよい。勿論、この値は装置によって異なるが、20℃から25℃の間、好ましくは22℃から24℃の間に設定するのがよい。

#### 【0034】

また、光学部材Mに温度分布がある場合を考えると、検出部100の取り付け場所によっては、検出部100で検出される温度と光学部材Mの全体の平均温度、もしくは検出部100で検出される温度と光学部材Mの光の当たる（入射する）領域の平均温度との差が大きな場合がある。このような場合、検出部100で検出される温度から、光学部材Mの温度（平均温度等）を推測してもよいし、検出部100で検出される温度と図示しない温度計等（温度検出手段）により検出したチャンバVC内の温度とにより、光学部材Mの温度を推測し、その推測され

た温度に従って冷却するようにしてもよい。

#### 【0035】

次に、図3乃至図5を参照して、冷却装置1の変形例である冷却装置1Aについて説明する。冷却装置1は、冷却装置1Aと比べて輻射冷却機構200A及び制御部300Aについて異なる。ここで、図3は、図1に示す冷却装置1の変形例である冷却装置1Aを示す概略構成図である。但し、図3においては、図1に示した光学部材Mを所定の場所に位置決めする光学部材支持定盤MP及び光学部材支持部材MB、及び、輻射板210Aを所定の場所に位置決めする輻射板支持定盤212及び輻射板支持部材214は省略している。

#### 【0036】

冷却装置1Aは、冷却装置1と同様、図示しない真空ポンプによって $1 \times 10^{-6}$  [Pa] 程度の真空中に維持された真空チャンバVC内に置かれた光学部材Mを冷却する冷却装置である。本実施形態においては、光学部材Mとしてミラーを例に説明する。冷却装置1Aは、図3によく示されるように、検出部100と、輻射冷却機構200Aと、制御部300Aとを有する。

#### 【0037】

輻射冷却機構200Aは、光学部材Mと対向する位置（露光光Lが入射する入射側に対して反対側）に非接触で配置され、光学部材Mに対して輻射により光学部材Mから熱を吸収する。輻射冷却機構200Aは、輻射板210Aと、ペルチェ素子240と、放熱ブロック250と、循環部220Aとを有する。

#### 【0038】

輻射板210Aは、図示しない輻射板支持定盤に支持された輻射支持部材によって、光学部材Mに対して間隔Cを有して固定される。輻射板210Aは、後述するペルチェ素子240が接合され、ペルチェ素子240のペルチェ効果により冷却されて光学部材Mに対して低温となり温度差を形成する。即ち、輻射板210Aは、光学部材Mとの温度差により、光学部材Mの熱を吸収する。輻射板210Aとペルチェ素子240との接合は、放出ガス量が低く、且つ、熱伝導性のよい蒸着、半田等の金属のメタライズによって行う。輻射板210Aとペルチェ素子240との接合を金属によって行うことで、接着剤を使用する場合に発生して



しまう放出ガスをなくし、光学部材Mの表面にコンタミが付着することを防止することができる。輻射板210Aは、比較的熱伝導性がよく輻射率の高い材料、例えば、セラミックスの窒化アルミニウム（AlN）からなる。

#### 【0039】

輻射板210Aが輻射により、光学部材M以外の部材、例えば、基準位置部材400を冷却してしまう場合は、図4に示すように、輻射遮蔽部材260を設ければよい。基準位置部材400とは、ステージの位置を検出するレーザー干渉計を固定する固定部材410や光学部材Mを支持する光学部材支持部材MBなどの位置変動すると、光学部材Mを位置変動させて光学部材Mの光学性能の劣化を引き起こしてしまう部材のことである。ここで、図4は、輻射冷却機構200Aの要部拡大構成図である。なお、輻射遮蔽部材260は、図1に示す冷却装置1に設けることも可能であることは言うまでもない。

#### 【0040】

輻射遮蔽部材260は、断熱材から構成され、輻射板210Aと基準位置部材400との間に配置される。輻射遮蔽部材260は、輻射板210Aが光学部材M以外の部材、例えば、基準位置部材400から輻射により熱を吸収することを防止する。従って、輻射遮蔽部材260は、輻射板210Aによる基準位置部材400の冷却を防止し、基準位置部材400の温度変化による位置変動がなく、光学部材Mの光学性能を劣化させることがない。

#### 【0041】

また、輻射遮蔽部材260は、図5に示すように、平板262と冷媒を流すための流路264を備えた構成としてもよい。平板262は、輻射板210Aと基準位置部材400との間に配置され、輻射板210Aが光学部材M以外の基準位置部材400から輻射により熱を吸収することを防止する。平板262は、流路264に冷媒が流れることで、かかる冷媒の温度と等しい温度となる。従って、基準位置部材400の温度と等しい冷媒を流路264に流すことで、平板262は基準位置部材400と等しい温度となり（即ち、温度差がなくなり）、基準位置部材400の温度変化による位置変動を防止することができる。また、流路264を備えた平板262で輻射遮蔽部材260を構成することにより、断熱材で

構成するよりも省スペース化が可能となる。ここで、図5は、輻射冷却機構200Aの要部拡大構成図である。

#### 【0042】

ペルチェ素子240は、例えば、p型半導体及びn型半導体を熱的に並列に配置して構成される。ペルチェ素子240は、後述する制御部300Aに制御され、輻射板210Aと接合してペルチェ効果により輻射板210Aを冷却する。「ペルチェ効果」とは、2種類の導体や半導体の接点に電流を流すと電導率の違いから熱の移動が起こるという現象である。本実施形態では、ペルチェ素子240は、p型半導体及びn型半導体で構成しているので、p型半導体からn型半導体の領域では電子が流れにくいため熱を吸収する吸熱面242を形成し、n型半導体からp型半導体の領域では電子が流れやすいため熱を放出する放熱面244を形成する。従って、ペルチェ素子240の吸熱面242を輻射板210Aと接合することで、輻射板210Aから熱を吸収して冷却することができる。また、ペルチェ素子240が吸収できる熱量は、印加電圧によって調節することができる。ペルチェ素子240は、応答性が高いために高精度に輻射板210Aの温度を制御して、光学部材Mの温度を所定の値にすることができる。ペルチェ素子240の放熱面244には、放熱ブロック250が接合されている。

#### 【0043】

放熱ブロック250は、ペルチェ素子240の放熱面244に金属によって接合されている。放熱ブロック250とペルチェ素子240との接合に金属を用いるのも、上述したように、放出ガス量を抑え、熱伝導性を高めるためである。放熱ブロック250は、後述する循環部220Aが供給する冷媒が流れるための流路252を有する。流路252は、パイプ222Aを介して循環部220Aと接続される。流路252は、放熱ブロック250中の全面に亘って形成され、放熱ブロック250全面に一様に冷媒が流れるように構成される。放熱ブロック250は、冷媒により冷却されてペルチェ素子240の放熱面244から排熱される輻射板210Aを介して吸収した光学部材Mの熱を回収する。放熱ブロック250は、例えば、セラミックスの窒化アルミニウム(AlN)からなる。

#### 【0044】

循環部 220A は、パイプ 222A と接続し、パイプ 222A を介して冷媒を放熱ブロック 250 の流路 252 に供給及び循環させる。循環部 220A が流路 252 に供給及び循環させる冷媒は、放熱ブロック 250 の排熱面 252 からの排熱を回収するためである。従って、冷媒の温度は、可変とする必要がなく、また、極端に低温とする必要もない。例えば、光学部材 M の温度を 23℃（所定の値）に保ちたい場合、冷媒の温度は 23℃ で十分である。即ち、循環部 220A は、一定の温度（例えば、光学部材 M の保ちたい温度）の冷媒を供給及び循環させればよい。これにより、引き回し途中でパイプ 222A が、温度変化することで光学部材が位置ずれを起こし、光学部材の光学性能を劣化させてしまう部材（即ち、図 4 及び図 5 に示した基準位置部材 400）、例えば、レーザー干渉計固定部材、光学部材支持部材の冷却を防止することができる。

#### 【0045】

制御部 300A は、検出部 100 の検出する光学部材 M の温度が所定の値となるように、輻射冷却機構 200A を制御する。制御部 300A は、より詳細には、ペルチェ素子 240 に印加する印加電圧を変化させることで輻射板 210A の温度を制御する。即ち、制御部 300A は、輻射板 210A が吸収しなければならない熱量を算出し、かかる熱量から輻射板 210A の温度を決定する。更に、制御部 300A は、決定した輻射板 210A の温度に基づいて、ペルチェ素子 240 に印加する印加電圧を調節する。かかる制御によって、輻射板 210A が光学部材 M から吸収する熱量が調節され、光学部材 M の温度が所定の値となる。換言すれば、制御部 300A は、光学部材 M の温度を一定に保つ機能を有する。

#### 【0046】

冷却装置 1A によれば、輻射冷却機構 200A に温度の応答性に優れたペルチェ素子 240 を用いることで、輻射板 210A の温度制御が向上し、光学部材 M の温度を高精度に安定させることができる。また、輻射遮蔽部材 260 により、光学部材 M 以外の部材、特に、基準位置部材 400 の温度変化を防止し、温度変化による位置変動をなくすことができる。従って、真空雰囲気下に置かれた光学部材であっても、光学部材に接触することなく光学部材を冷却することが可能であり、結像性能の劣化となる光学部材の熱膨張による変形を低減させて所望の光

学性能を実現することができる。なお、冷却装置 1 A を用いた光学部材 M の冷却方法については、図 2 を参照して説明した冷却方法 1000 と同様であるので、ここでは詳しい説明は省略する。

#### 【0047】

以下、図 6 を参照して、本発明の冷却装置 100 を適用した例示的な露光装置 500 について説明する。ここで、図 6 は、本発明の例示的な露光装置 500 の概略構成図である。

#### 【0048】

本発明の露光装置 500 は、露光用の照明光として E U V 光（例えば、波長 13.4 nm）を用いて、例えば、ステップ・アンド・スキャン方式やステップ・アンド・リピート方式でマスク 520 に形成された回路パターンを被処理体 540 に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ工程に好適であり、以下、本実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（「スキャナー」とも呼ばれる。）を例に説明する。ここで、「ステップ・アンド・スキャン方式」とは、マスクに対してウェハを連続的にスキャン（走査）してマスクパターンをウェハに露光すると共に、1 ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次の露光領域に移動する露光方法である。「ステップ・アンド・リピート方式」は、ウェハの一括露光ごとにウェハをステップ移動して次のショットの露光領域に移動する露光方法である。

#### 【0049】

図 6 を参照するに、露光装置 500 は、照明装置 510 と、マスク 520 と、マスク 520 を載置するマスクステージ 525 と、投影光学系 530 と、被処理体 540 と、被処理体 540 を載置するウェハステージ 545 と、アライメント検出機構 550 と、フォーカス位置検出機構 560 とを有する。

#### 【0050】

また、図 6 に示すように、E U V 光は、大気に対する透過率が低く、残留ガス（高分子有機ガスなど）成分との反応によりコンタミを生成してしまうため、少なくとも、E U V 光が通る光路中（即ち、光学系全体）は真空雰囲気 V C となっ

ている。

#### 【0051】

照明装置 510 は、投影光学系 530 の円弧状の視野に対する円弧状の EUV 光（例えば、波長 13.4 nm）によりマスク 520 を照明する照明装置であって、EUV 光源 512 と、照明光学系 514 とを有する。

#### 【0052】

EUV 光源 512 は、例えば、レーザープラズマ光源が用いられる。これは、真空容器中のターゲット材に高強度のパルスレーザー光を照射し、高温のプラズマを発生させ、これから放射される、例えば、波長 13 nm 程度の EUV 光を利用するものである。ターゲット材としては、金属膜、ガスジェット、液滴などが用いられる。放射される EUV 光の平均強度を高くするためにはパルスレーザーの繰り返し周波数は高い方がよく、通常数 kHz の繰り返し周波数で運転される。

#### 【0053】

照明光学系 512 は、集光ミラー 512a、オプティカルインテグレーター 512b から構成される。集光ミラー 512a は、レーザープラズマからほぼ等方的に放射される EUV 光を集める役割を果たす。オプティカルインテグレーター 512b は、マスク 520 を均一に所定の開口数で照明する役割を持っている。また、照明光学系 512 は、マスク 520 と共役な位置に、マスク 520 の照明領域を円弧状に限定するためのアパーチャ 512c が設けられている。かかる照明光学系 512 を構成する光学部材である集光ミラー 512a 及びオプティカルインテグレーター 512b に本発明の冷却装置 1 及び冷却方法 1000 を適用することができ、冷却装置 1 により集光ミラー 512a 及びオプティカルインテグレーター 512b を冷却することで熱膨張による変形を防止して、優れた結像性能を発揮することができる。

#### 【0054】

マスク 520 は、反射型マスクで、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、マスクステージに支持及び駆動されている。マスク 520 から発せられた回折光は、投影光学系 530 で反射されて被処理体 540 上に投

影される。マスク 520 と被処理体 540 とは、光学的に共役の関係に配置される。露光装置 500 は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であるため、マスク 520 と被処理体 540 を走査することによりマスク 520 のパターンを被処理体 540 上に縮小投影する。

#### 【0055】

マスクステージ 525 は、マスク 520 を支持して図示しない移動機構に接続されている。マスクステージ 525 は、当業界周知のいかなる構造をも適用することができる。図示しない移動機構は、リニアモーターなどで構成され、少なくとも X 方向にマスクステージ 525 を駆動することでマスク 520 を移動することができる。露光装置 500 は、マスク 520 と被処理体 540 を同期した状態で走査する。ここで、マスク 520 又は被処理体 540 面内で走査方向を X、それに垂直な方向を Y、マスク 520 又は被処理体 540 面内に垂直な方向を Z とする。

#### 【0056】

投影光学系 530 は、複数の反射ミラー（即ち、多層膜ミラー）530a を用いて、マスク 520 面上のパターンを像面である被処理体 540 上に縮小投影する。複数のミラー 530a の枚数は、4 枚乃至 6 枚程度である。少ない枚数のミラーで広い露光領域を実現するには、光軸から一定の距離だけ離れた細い円弧状の領域（リングフィールド）だけを用いて、マスク 520 と被処理体 540 を同時に走査して広い面積を転写する。投影光学系 530 の開口数（NA）は、0.2 乃至 0.3 程である。かかる投影光学系 530 を構成する光学部材であるミラー 530a に本発明の冷却装置 1 及び冷却方法 1000 を適用することができ、冷却装置 1 によりミラー 530a を冷却することで熱膨張による変形を防止して、優れた結像性能を発揮することができる。

#### 【0057】

被処理体 540 は、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の被処理体を広く含む。被処理体 540 には、フォトレジストが塗布されている。フォトレジスト塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布処理と、フォトレジスト塗布処理と、プリベーク処理とを含む。前処理は、洗浄、乾燥などを含む。密着性向

上剤塗布処理は、フォトレジストと下地との密着性を高めるための表面改質（即ち、界面活性剤塗布による疎水性化）処理であり、HMDS（Hexamethyldisilazane）などの有機膜をコート又は蒸気処理する。プリベークは、ベーキング（焼成）工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

#### 【0058】

ウェハステージ545は、ウェハチャック545aによって被処理体545を支持する。ウェハステージ545は、例えば、リニアモーターを利用してXYZ方向に被処理体540を移動する。マスク520と被処理体540は、同期して走査される。また、マスクステージ525の位置とウェハステージ545との位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。

#### 【0059】

アライメント検出機構550は、マスク520の位置と投影光学系530の光軸との位置関係、及び、被処理体540の位置と投影光学系530の光軸との位置関係を計測し、マスク520の投影像が被処理体540の所定の位置に一致するようにマスクステージ525及びウェハステージ545の位置と角度を設定する。

#### 【0060】

フォーカス位置検出機構560は、被処理体540面でZ方向のフォーカス位置を計測し、ウェハステージ545の位置及び角度を制御することによって、露光中、常時被処理体540面を投影光学系530による結像位置に保つ。

#### 【0061】

露光において、照明装置510から射出されたEUV光はマスク520を照明し、マスク520面上のパターンを被処理体540面上に結像する。本実施形態において、像面は円弧状（リング状）の像面となり、マスク520と被処理体540を縮小倍率比の速度比で走査することにより、マスク520の全面を露光する。

#### 【0062】

ここで、露光装置においては、光学性能は投影光学系の光学部材の形状変化に対して敏感なので、前述のような輻射冷却機構は投影光学系の光学部材に用いることが多い。特に、光量の多いマスク側の光学部材に用いることが多い。但し、照明光学系に用いても構わない。特に、最も光源に近い反射光学部材は、光学部材の中で最も多量の光が入射するので、必然的に吸収する熱量も大きくなり、その吸収した熱による光学部材の形状の変化量も大きくなる。それを防ぐために、前述のような輻射冷却機構により、多量の光を吸収することによる温度上昇を防ぐことができ、光学部材の形状変化を低減することができる。

### 【0063】

次に、図7及び図8を参照して、上述の露光装置500を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図7は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。本実施形態においては、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、それが出荷（ステップ7）される。

### 【0064】

図8は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置500によってマスクの回路



パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置500を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

#### 【0065】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、本発明の冷却装置及び方法は、ArFエキシマレーザーやF<sub>2</sub>レーザーなどのEUV光以外の波長200nm以下の紫外線用の光学部材に適用することもでき、マスクやウェハにも適用可能である。

#### 【0066】

##### 【発明の効果】

本発明の冷却装置及び方法によれば、真空雰囲気下に置かれた光学部材であっても、光学部材に接触することなく光学部材を冷却することが可能であるので、結像性能の劣化となる光学部材の熱膨張による変形を低減させて所望の光学性能を実現することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一側面としての冷却装置を示す概略構成図である。

【図2】 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法を説明するためのフローチャートである。

【図3】 図1に示す冷却装置の変形例である冷却装置を示す概略構成図である。

【図4】 輻射冷却機構の要部拡大構成図である。

【図5】 輻射冷却機構の要部拡大構成図である。

【図6】 本発明の例示的な露光装置の概略構成図である。

【図 7】 デバイス（IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図 8】 図 7 に示すステップ 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

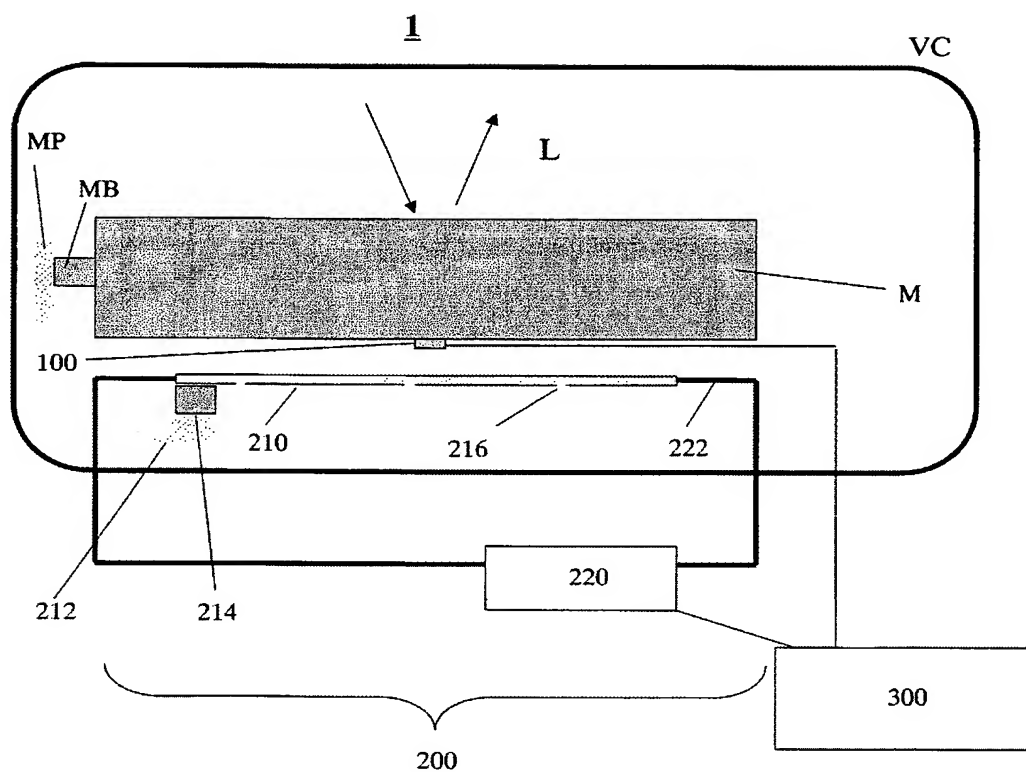
【図 9】 従来のミラーの冷却方法を示す図であって、図 9（a）は、ミラーの概略透視平面図、図 9（b）は、ミラーの概略断面図である。

【符号の説明】

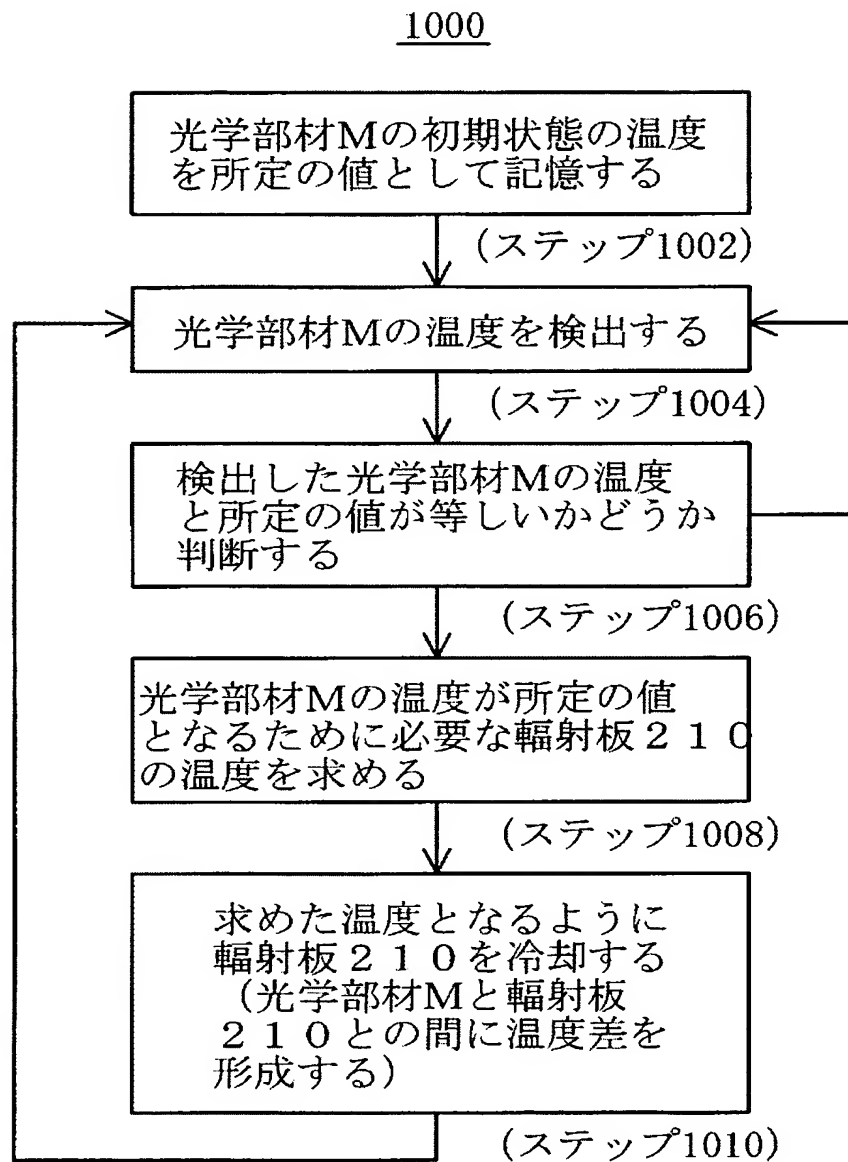
1	冷却装置
100	検出部
200	輻射冷却機構
210	輻射板
212	輻射板支持定盤
214	輻射板支持部材
216	流路
220	循環部
300	制御部
1A	冷却装置
200A	輻射冷却機構
240	ペルチェ素子
250	放熱ブロック
500	露光装置
512	照明光学系
512a	集光ミラー
512a	オプティカルインテグレーター
530	投影光学系
530a	反射ミラー

【書類名】 図面

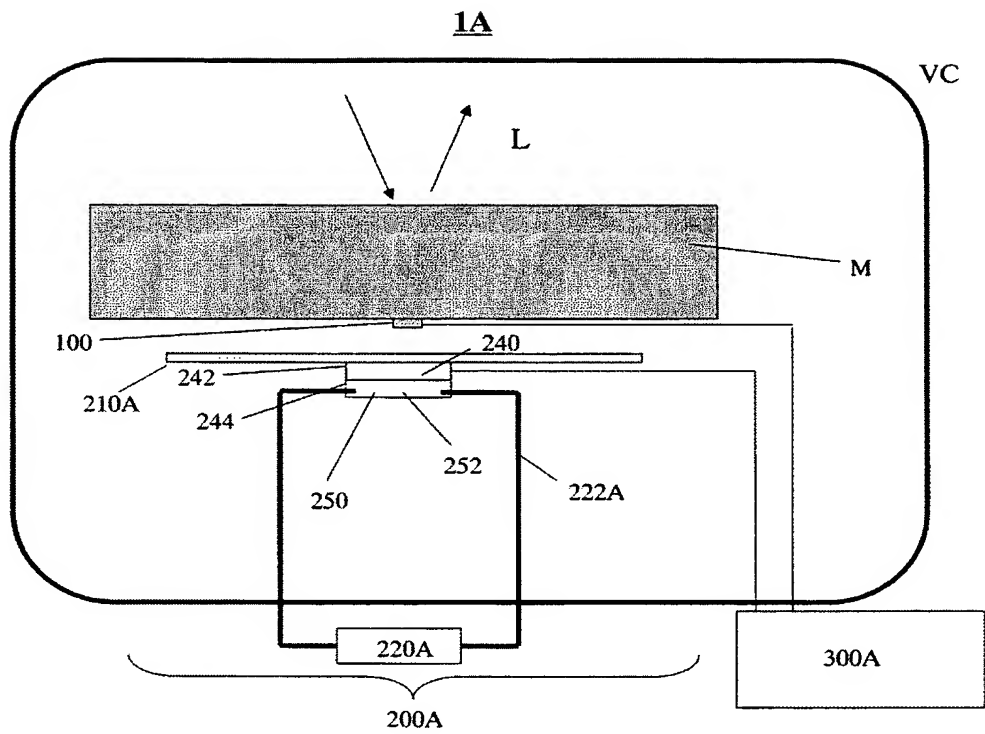
【図 1】



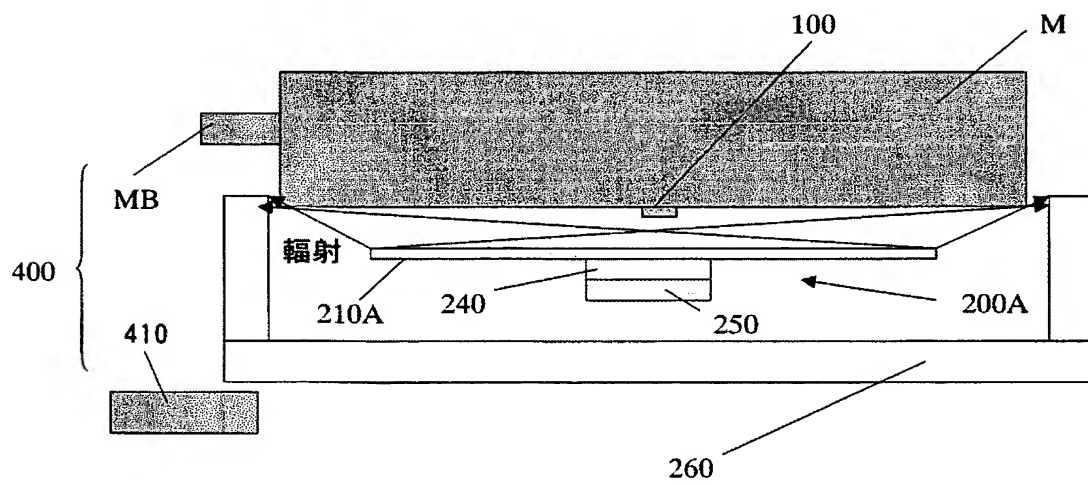
【図 2】



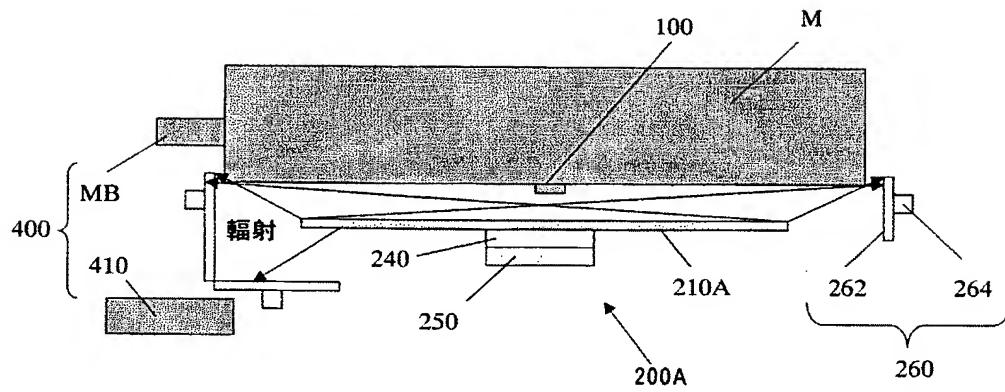
【図 3】



【図 4】

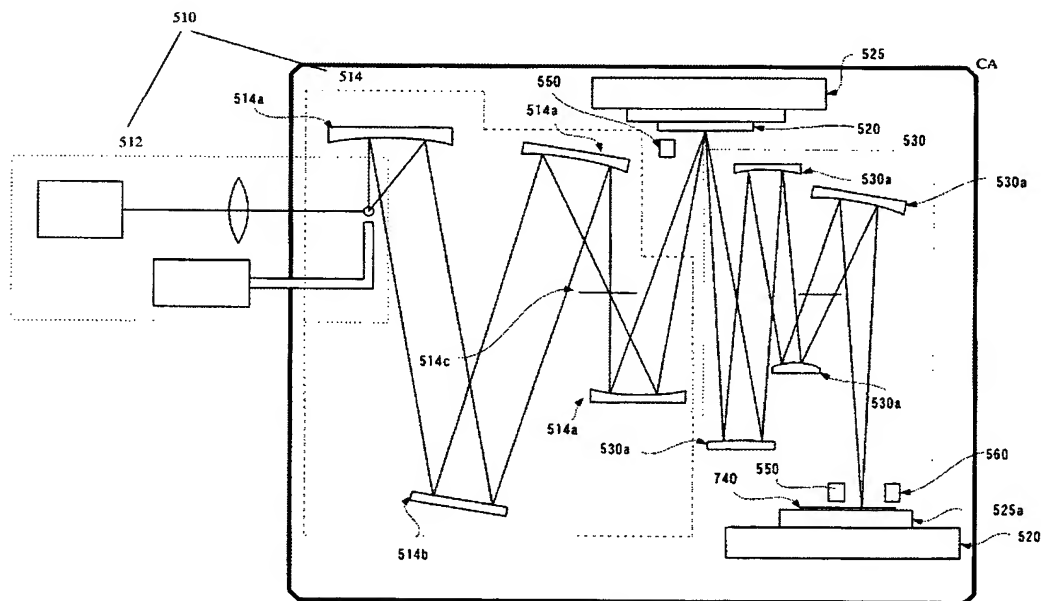


【図 5】

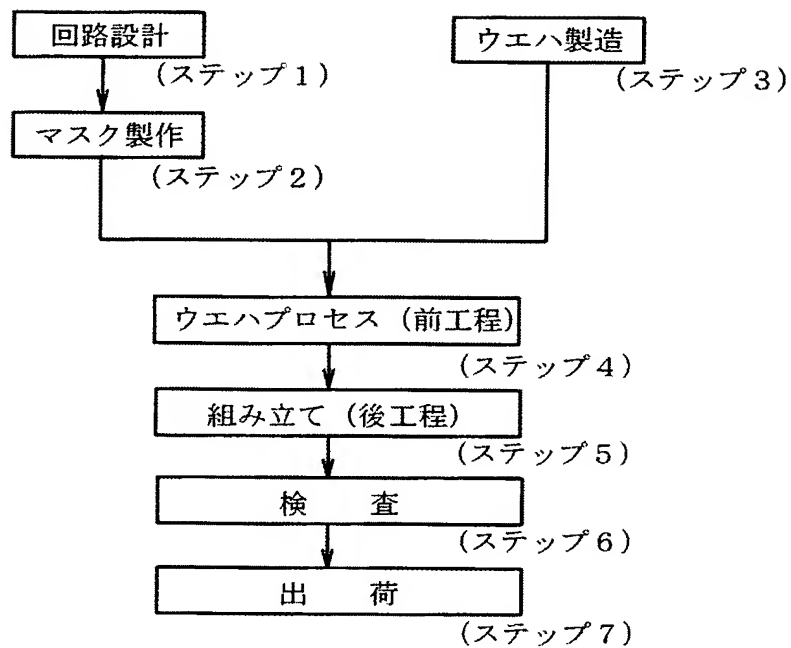


【図 6】

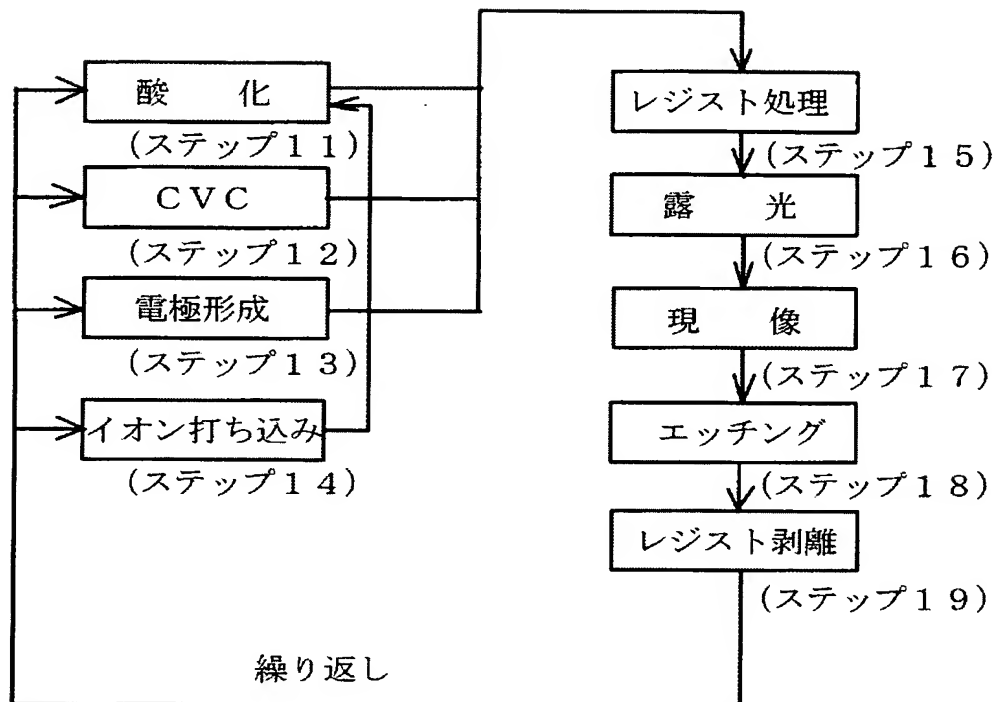
**500**



【図 7】

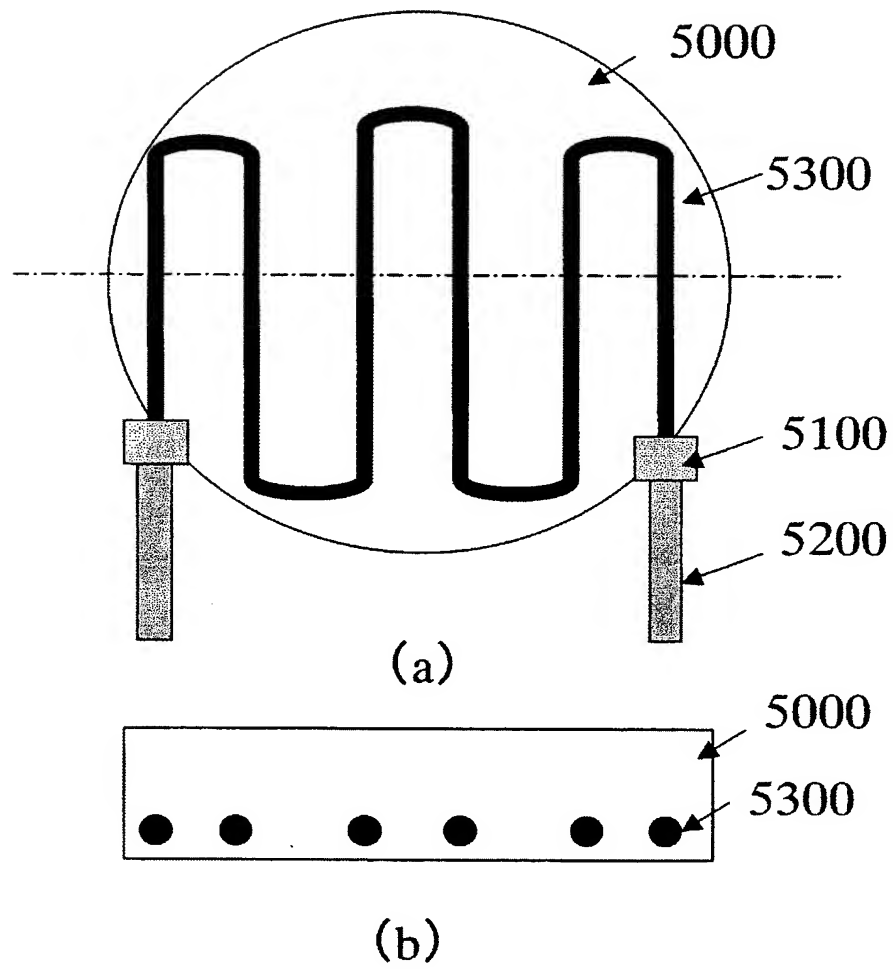


【図 8】





【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 結像性能の劣化となる光学部材の熱膨張による変形を低減することで所望の光学性能をもたらす冷却装置及び方法、当該冷却装置を有する露光装置を提供する。

【解決手段】 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却装置であって、前記光学部材の温度を検出する検出部と、前記光学部材と対向する位置に非接触で配置され、前記光学部材に対して輻射により当該光学部材から熱を吸収する輻射冷却機構と、前記検出部の検出する前記光学部材の温度が所定の値となるように、前記輻射冷却機構を制御する制御部とを有することを特徴とする冷却装置を提供する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 2 2 9 1 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 0 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社